

玉米深层根系对地上部营养 生长和产量的影响

宋 日^{1,2}, 吴春胜¹, 王成己¹, 郭继勋²

(1. 吉林农业大学农学院, 长春 130118;

2. 东北师范大学草地研究所 植被生态科学教育部重点实验室, 长春 130224)

[摘 要] 采用切断土柱根系方法, 研究了在玉米拔节期和抽雄期时土表 20 cm 和 40 cm 以下根系对玉米杂交种四密 21 和掖单 19 地上部营养生长和产量及其构成因子的影响。结果表明, 与不断根相比, 在抽雄期切断 20 cm 深处根系, 使四密 21 和掖单 19 株高分别降低 37.1 cm 和 32.1 cm, 叶绿素总量降低 20.0% 和 37.0%, 光合速率降低 21.6% 和 19.6%, 百粒重降低 12.1% 和 9.0%, 穗粒数减少 18.8% 和 17.5%, 产量降低 26.2% 和 20.0%。切断土层 40 cm 深处根系, 株高分别下降 23.5 cm 和 23.6 cm, 百粒重下降 10.1% 和 5.2%, 穗粒数减少 13.1% 和 12.0%, 产量降低 21.5% 和 18.6%。拔节期断根使叶绿素含量显著降低, 切断 20 cm 深处根系使四密 21 和掖单 19 叶绿素降低 13.6% 和 25.2%, 切断 40 cm 深处根系使叶绿素下降 10.4% 和 14.2%。切断根系对玉米产量的影响, 为抽雄期大于拔节期。

[关键词] 玉米; 根系; 产量

[中图分类号] S 143.6

[文献标识码] A

Effects of Deep Root System on Above-ground Vegetative Growth and Yield in Maize

SONG Ri^{1,2}, WU Chun-sheng¹, WANG Cheng-ji¹, GUO Ji-xun²

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Institute of Grassland Science, the Northeast Normal University, Key Laboratory for Vegetation Ecology, Ministry of Education, P. R. Changchun 130224, China)

Abstract: Effects of maize root system below 20cm and 40cm deep in soil on the vegetative growth, yield and its composition factors in hybrids of Simi 21 and Yedan 19 were studied by cutting root in soil column at elongation stage and heading stage. The results showed that as compared with without cutting root, cutting root at 20 cm soil depth at heading stage decreased height of Simi 21 and Yedan 19 by 37.1 cm and 32.1 cm, and chlorophyll content by 20.0% and 37.0%, and photosynthetic rate by 21.6% and 19.6%, and 100-grain weight by 12.1% and 9.0%, and grain number per ear by 18.8% and 17.5%, and yield by 26.2% and 20.2% respectively. Cutting root at 40 cm soil depth at heading stage reduced height of Simi 21 and Yedan 19 by 23.5 cm and 23.6 cm, and 100-grain weight by 10.1% and 8.2%, and grain number per ear by 13.1% and 12.0%, and yield by 21.5% and 18.6% respectively. Cutting root at elongation stage reduced chlorophyll content significantly, chlorophyll content of Simi 21 and Yedan 19 reduced by 13.6% and 25.2% with 20 cm deep cutting root and by 10.4% and 14.2% with 40 cm deep cutting root. Reduction in the maize yield was higher at heading stage than at elongation stage.

Key words: Maize; Root system; Yield

[收稿日期] 2002-01-28

[作者简介] 宋 日(1966-), 男, 吉林农业大学农学院讲师, 从事玉米耕作栽培研究。

作物根系的重要性越来越受到人们的重视。早在 20 世纪 30 年代, 著名的美国根系生态学家 Weaver 就指出, 要科学地理解作物生产, 就必须全面

地认识作物根系发育、根群分布、不同生育时期根系吸收水分养分活力,以及不同环境条件下的根系变化^[1]。一般认为,由于根系在植物生命活动和生长发育过程中具有重要作用,因此,研究根系的形态特征、生理功能、生长发育规律、根系生态、根系调控技术则具有重大的理论和生产实践意义。深入开展多方面的根系研究,一方面可填补作物栽培理论上的某些空白,为栽培技术的创新提供必要的技术储备和理论依据,另一方面在生产实践上,通过采取相应的技术措施最终为实现作物高产、优质、高效奠定坚实基础^[2]。特别是水稻深层根系的重要性已引起人们的关注^[3,4,5]。

吉林省是我国玉米生产大省,玉米播种面积占全国玉米面积 10%,总产占全国玉米总产 15%,在本省玉米面积占全省粮食作物面积 50%,总产占 70%^[6],所以吉林省玉米生产发展对全国以及全省粮食生产发展均具有重要意义,多年来玉米一直是农业科研人员重点研究对象,但工作主要局限在地上部分,对地下部分考虑得相对较少,只有零星报道^[7-17],在有限的报道中未见有关玉米深层根系作用的报道,为此,结合国家“九五”科技攻关课题开展了玉米深层根系对地上部营养生长和产量影响的研究,从根系角度为提高玉米产量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料和试验设计

试验于 1998 年在吉林农业大学科学试验站进行。土壤为黑土,土壤肥力为中、上等水平,其农化性状为有机质 19.7 g/kg,碱解氮 79.6 mg/kg,速效磷 13.8 mg/kg,速效钾 48.8 mg/kg, pH(H₂O) 7.3。试验采用田间土柱模拟试验方法,以求与自然条件相近,在 1998 年春季土壤化冻达 1 m 深时,在试验地挖圆柱形规则土坑,把土按 0~20 cm、21~40 cm、41~80 cm 层次分别放一侧,在坑内一个挨一个放上油毡纸筒(直径 0.5m,高 0.8m),合每公顷 5 万个油毡纸筒(即 5 万个土柱),然后把土按原来的层次回填,不封底,最后浇水沉实土柱。供试作物为玉米,包括四密 21 和掖单 19 两个品种。每公顷施肥量为尿素 325 kg,磷酸二铵 175 kg,硫酸钾 120 kg,折合每个土柱施尿素 6.5 g,磷酸二铵 3.5 g,硫酸钾 2.4 g,以上肥料混合做底肥施入 0~30 cm 土层中。4 月 28 日播种,每土柱留苗 1 株,土柱四周播种四密 21,密度与土柱相同,玉米生长期间,若土壤水分不足及

时补充(补水量皆相同),其它管理同大田。

试验采用切断根系方法,即在玉米拔节期和抽雄期分别进行相同深度断根处理,在离地面 20 cm 和 40 cm 深处进行断根,以不断根作为对照。断根时挖去土柱四周的土,离地面 20cm 和 40cm 深处用电锯把土柱横向水平切断,即把根系切断,然后覆土,每个处理重复 3 次,随机排列。

1.2 测定项目与方法

叶面积采用长乘宽系数法^[18],计算公式为:叶面积 = 0.75 × 长 × 宽。在乳熟期测定。

光合速率(Pn)用 FQ-W 红外 CO₂ 分析仪采用开放式气路系统离体测定^[18]。自制玻离叶室置于恒温水浴内,由恒控磁力加热搅拌器控温,用幻灯机作光源,光量子密度通过东芝减光镜和光源距离进行调节,叶片测定前预照光 45 min 以上,在蜡熟期对穗位以上叶进行测定。

玉米株高和产量及其构成因子在成熟期测定。

2 结果与分析

2.1 切断根系对玉米地上部营养生长影响

通过不同时期、不同深度的断根研究,可看出深层根系对玉米地上部营养生长具有重要作用(表 1)。抽雄期断根对株高有显著影响,四密 21 和掖单 19 离地面 20 cm 深处断根处理的株高比对照分别低 37.1 cm 和 32.1 cm,在离地面 40 cm 深处断根株高分别为 23.5 cm 和 23.6 cm,但在拔节期断根对株高影响较小。

叶面积大小是作物进行光合作用积累有机物质强弱的重要指标,结果表明切断不同深度的根系都可使玉米光合叶面积缩小,尤其在抽雄期断根能显著降低单株叶面积,在离地面 20 cm 深度断根,使四密 21 和掖单 19 单株叶面积分别比对照降低 5.1% 和 4.8%,40 cm 深处断根分别降低 3.4% 和 3.6%。20 cm 和 40 cm 处理间差异不显著,说明玉米深层根系对叶面积影响较大。

无论在拔节期还是在抽雄期,不同深度断根处理都显著降低了玉米叶绿素含量,在拔节期和抽雄期断根使四密 21 和掖单 19 的叶绿素含量分别降低 10.4%~20.0% 和 14.2%~37.0%。已有研究表明,Mg 主要来自土壤,土壤中的 Mg 主要以有机态形式存在,植物吸收 Mg 时,首先通过根系分泌有机酸的作用使 Mg 变为可吸收态,断根后既减少根系分泌有机酸数量也减少根系吸收 Mg 土壤范围,使

植物吸收 Mg 数量减少而影响叶绿素的合成。

表 1 切断根系对玉米地上部分营养生长影响

品 种	处理	株高(cm)	叶面积(cm ² ·plant ⁻¹)	叶绿素含量(mg·cm ⁻²)	光合速率(mol CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)
四密 21	CK	261.2±50.3 a	4 216.7±168.5 a	0.125±0.092 a	30.26±8.00 a
	A20	252.6±47.0 a	4 126.1±142.1 a	0.108±0.071 b	27.12±7.23 a
	A40	256.0±41.5 a	4 102.8±156.3 a	0.112±0.093 b	28.36±7.86 ab
	B20	224.1±51.4 b	4 002.0±180.2 b	0.093±0.036 bc	23.73±7.31 c
	B40	237.7±70.0 b	4 074.5±163.3 b	0.100±0.052 bc	25.88±8.04 c
掖单 19	CK	250.7±86.3 a	4 186.2±171.0 a	0.127±0.078 a	28.72±9.55 a
	A20	238.8±50.6 a	4 098.5±191.3 a	0.095±0.060 b	26.84±8.31 ab
	A40	242.6±48.99 a	4 106.4±170.5 a	0.109±0.056 b	27.18±7.88 a
	B20	218.6±70.5 b	3 986.6±163.3 b	0.080±0.046 c	23.10±4.86 c
	B40	227.0±68.3 b	4 034.1±180.1 b	0.093±0.057 bc	25.66±7.21 c

注:表中数据为平均值±标准差。A 和 B 分别代表玉米拔节期和抽雄期,20 和 40 分别表示离地面 20 cm 和 40 cm 深处断根,数字后字母表示显著性差异。下同

光合速率测定结果表明,拔节期断根虽降低光合速率,但与对照相比不显著,而抽雄期不同深度断根皆显著降低光合速率,特别是离地面 20cm 深处断根,显著降低四密 21 和掖单 19 的光合速率,分别比对照降低 21.6% 和 19.6%,离地面 40cm 深处断根分别降低 14.5% 和 10.7%,虽然 20cm 和 40cm 深度断根处理的光合速率有差异,但不显著,说明深层根系对光合速率的影响作用更大。

以上结果说明,深层根系对玉米地上部营养生长具有重要作用,而且越到后期,深层根系这种作用

越大。

2.2 断根对玉米产量和产量构成的影响

不同时期切断不同深度根系对玉米产量构成因子和产量的影响结果见表 2。与对照相比,拔节期断根对百粒重影响不大,而抽雄期断根显著影响百粒重,在 B20 和 B40 处理中,四密 21 比对照分别降低 12.1% 和 10.1%,掖单 19 分别降低 9.0% 和 8.2%,可以看出,两个品种的 B20 和 B40 处理差异并不显著,说明深层根系越到后期对百粒重的形成作用越大。

表 2 切断根系对玉米产量及产量构成影响

品 种	处理	百粒重(g)	穗粒数(number·ear ⁻¹)	穗长(cm)	产籽率(%)	产量(g·plant ⁻¹)
四密 21	CK	39.6±10.1 a	685.8±121.1 a	24.5±3.9 a	83.6±16.3 a	262.4±76.2 a
	A20	37.3±9.2 a	674.6±109.3 a	23.7±4.2 a	82.0±15.0 a	243.3±72.1 b
	A40	38.2±9.5 a	679.0±120.0 a	23.7±4.0 a	82.3±16.2 a	248.1±63.1 b
	B20	34.8±7.2 b	576.8±112.9 b	21.3±1.9 b	79.2±14.2 a	193.6±48.5 c
	B40	35.6±7.8 b	596.0±119.0 b	23.0±4.6 ab	80.6±15.2 a	206.1±53.1 c
掖单 19	CK	34.3±6.0 a	656.3±121.6 a	22.9±2.7 a	85.7±17.4 a	223.6±63.2 a
	A20	32.7±6.0 a	634.0±107.1 a	21.5±1.8 ab	85.6±16.3 a	200.2±54.0 b
	A40	32.7±7.3 a	647.6±98.6 a	22.3±2.6 a	85.0±17.8 a	204.7±55.6 b
	B20	31.2±7.8 b	559.3±93.4 b	20.0±1.5 c	81.3±15.5 a	178.4±42.1 c
	B40	31.5±7.6 b	577.6±120.0 b	21.4±1.7 bc	82.4±16.2 a	182.1±51.1 c

在抽雄期断根对穗粒数影响显著,使穗粒数明显减少,B20 和 B40 处理中,四密 21 穗粒数比对照分别减少 18.8% 和 13.1%,掖单 19 分别减少17.5% 和 12.0%,B20 和 B40 间差异没达到显著水平。拔节期断根虽也有减少穗粒数趋势,但与对照比,未达到显著水平,同样说明越到后期深层根系对穗粒数形成作用越大。

对于玉米穗长,拔节期断根影响不大,只有抽雄期在 20cm 深处断根才有显著影响,四密 21 和掖单 19 分别比对照减少 3.2 cm 和 2.9 cm。说明穗长的增加是靠生育后期大量根群来完成的。

虽然不同时期不同深度断根处理都降低产籽

率,但差异不显著,说明断根对产籽率影响不大。

由于断根影响光合产物的积累,降低百粒重和穗粒数,导致玉米子粒产量下降。拔节期和抽雄期在不同深度断根都显著降低子粒产量,在 B20 和 B40 处理中,四密 21 产量分别比对照降低 26.2% 和 21.5%,掖单 19 分别降低 20.2% 和 18.6%,拔节期断根对产量影响相对小些,但差异显著,在 A20 和 A40 处理中,四密 21 产量分别比对照降低 7.3% 和 5.4%,掖单 19 分别降低 10.5% 和 8.5%。虽然离地面 20 cm 深处断根处理对产量的影响大于 40 cm 深处断根处理,但差异不显著,说明断根造成的产量下降主要是由生长后期更深层根系引起的。

3 讨 论

已有研究表明^[19],玉米 80%根系(干重)集中在 0~20 cm 土层内,94%根系集中在 0~40 cm 土层内,40 cm 以下根系仅有 6%的比例。本文通过对玉米不同时期、不同深度的断根研究,可以看出深层根系虽少,但越到后期深层根系对玉米地上部营养生长和产量构成越重要,说明随玉米生育进程推进,产量对深层根系依赖性加强。

吉林省玉米产区常出现“秋吊”自然灾害,在玉米灌浆—蜡熟期常遇到干旱威胁,严重影响玉米产量,成为限制吉林省玉米产量提高的主要灾害之一。所以应在生产中采取措施尽力增加玉米深层根系的数量,提高对土壤中水分和养分吸收数量,增强抗逆性,提高玉米产量。

目前,深松耕法已成为吉林和黑龙江两省玉米产区主要耕作措施,在一年中春夏秋冬均有采取深松耕法进行作业,至于不同时期、不同深度深松对玉米根系,尤其是深层根系的伤害及产量的影响如何未见报道,今后需进一步加强研究。

[参 考 文 献]

- [1] Weaver J E, et al. Development of root and shoot of winter wheat under field environment[J]. Ecology, 1924, 5: 26 - 50.
- [2] 马元喜. 不同土壤小麦根系生长动态的研究[J]. 作物学报, 1987, 13(1): 37 - 44.
- [3] Morita S. Relationships between root length density and yield in rice plants[J]. Japanese Journal of Crop Sci., 1988, 57: 438 - 443.
- [4] 朱德峰, 林贤青, 曹卫星. 高产水稻品种根系分布特性[J]. 南京农业大学报, 2000, 23(4): 5 - 8.
- [5] 凌启鸿, 凌 励. 水稻不同层次根系的功能及对产量形成的作用研究[J]. 中国农业科学, 1984, (4): 3 - 11.
- [6] 李雄岳. 吉林省玉米生产问题及对策[J]. 吉林农业科学, 1999, 24(1): 1 - 3.
- [7] Fusseder A. The longevity and activity of the primary root of maize[J]. Plant Soil, 1987, 101: 257 - 265.
- [8] Beck D L. Effect of sink level on root and stalk quality in maize[J]. Crop Sci., 1988, 28: 11 - 18.
- [9] 苗果园. 中国北方主要作物的根系生长的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(1): 1 - 6.
- [10] Sharp R E and W J Davies. Root growth and water uptake by maize plants in drying soil[J]. J. Exp. Bot., 1985, 36: 1441 - 1456.
- [11] 李少昆, 涂华玉, 张旺峰. 玉米根系生长及其所含营养物质成分的研究[J]. 玉米科学, 1993, 1(1): 44 - 47.
- [12] 任其云, 杜成贵, 刘正蒙. 玉米苗期根系生态生理研究[J]. 作物学报, 1982, 8(3): 169 - 177.
- [13] 金明现, 王天铎. 玉米根系生长及向水性的模拟[J]. 植物学报, 1996, 38(5): 384 - 390.
- [14] Nakamoto T. Effect of soil water content on the gravitropic behavior roots in maize[J]. Plant Soil, 1993, 152: 261 - 267.
- [15] 郭玉江, 戴俊英, 顾慰连. 玉米根系生长与产量的关系的研究[J]. 作物学报, 1988, 14(2): 155 - 162.
- [16] Treat C L and W F Tracy. Endosperm type effects on biomass production and on stalk and root quality in sweet corn[J]. Crop Sci., 1994, 34: 396 - 399.
- [17] 吴春胜, 宋 日. 栽培措施对玉米根系的影响[J]. 玉米科学, 2001, 9(2): 56 - 58.
- [18] 张宪政. 作物生理研究方法[J]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [19] 宋 日, 吴春胜. 有机无机肥料配合施用对玉米根系的影响[J]. 作物学报, 2002, 28(3): 393 - 396.

联系电话: 0431 - 4512782(宅)